

УДК [006.91:616.001.17: 681.2](043)

Ю.В. Штефура¹, аспірант, Г.І.Хімічева¹, д.т.н., проф., К.Л.Шевченко², д.т.н., доц.

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТУ ДІАГНОСТИКИ СТУПЕНЮ ТЕРМІЧНИХ УРАЖЕНЬ

Анотація. В роботі розглянуто задачу оцінювання ступеню термічних уражень, показано, що з цією метою доцільно використовувати тепловізорні перетворювачі. Наведено приклад використання розробленого авторами програмно-апаратного комплексу, що дозволяє в реальному часі оцінити ступінь опікового ураження. Запропоновано підхід до оцінювання невизначеності отриманих результатів.

Ключові слова: термічне ураження, ступінь ураження, діагностика, невизначеність.

ВСТУП

Оцінювання ступеню отриманих людиною термічних уражень (ТУ) сьогодні є вузьким місцем медичної діагностики, оскільки у світовому парку медичної техніки відсутні спеціалізовані апаратні засоби такого призначення. У більшості випадків глибина ТУ (а саме вона є визначальним фактором ступеня ураження) оцінюється візуально, або за допомогою досить архаїчних фізикальних методів [1]. В деяких випадках ступінь ТУ намагаються оцінювати використовуючі ультразвукову або рентгенівську апаратуру, але отримувані за її допомогою результати не задовольняють вимоги сучасної комбустіології [2].

Один з перспективних неінвазивних методів оцінки ступеню ТУ полягає у визначенні різниці поверхневої температури ураженої та здорової ділянок шкіряного покриву людини. При термічному впливі та досягненні певної температури у біологічній тканині відбуваються процеси коагуляції, що призводить до суттєвого зменшення або повного зникнення перфузії крові. Наслідком є припинення теплообмінних процесів в ураженій ділянці тканини та відповідне зменшення її температури до 2,5...3 градусів. Профіль поверхневої температури в зоні ТУ дозволяє оцінювати ступінь ураження за різницею температур, а візуалізація розподілу температур легко здійснюється тепловізором [3]. Складність використання цього методу полягає в тому, що за картиною розподілу температури ураженої ділянки важко об'єктивно діагностувати ступінь ТУ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

За міжнародною класифікацією ТУ за глибиною прийнято поділяти на 3 групи: I, II та III ступеню. Формально такий розподіл може бути віднесений до шкал квазіпорядку, оскільки займає проміжне положення між номінантною та ординальною шкалами. Особливістю в цьому випадку є відношення еквівалентності всередині класу і наявність відношення порядків між класами [4]. У використанні такої шкали первинно закладено певний рівень невизначеності.

З метою об'єктивізації отримання результатів діагностики авторами запропоновано [5] програмно-апаратний комплекс (ПАК) оцінки ступеню ТУ, в основі якого лежить модель машинного навчання що дозволяє виключити

людину з процесу оцінювання картини теплового профілю та підвищити достовірність отриманого результату.

До складу ПАК входять мобільний телефон з тепловізором Flir-One, які дозволяють у реальному часі отримувати та аналізувати зображення ТУ в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. Зовнішній вигляд ПАК та приклади результатів оцінки ступеню ТУ наведено на рис. 1.

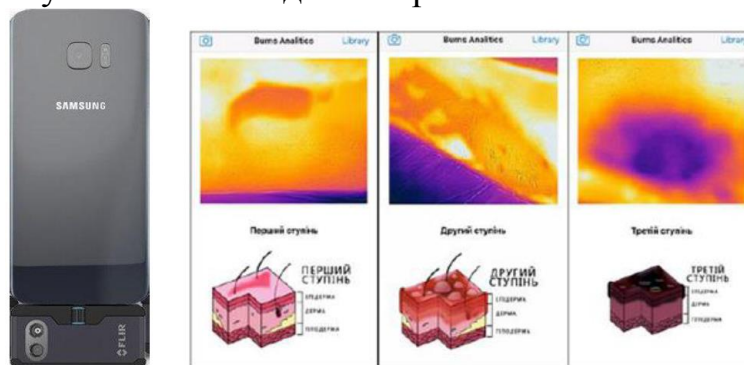


Рисунок 1. Зовнішній вигляд ПАК та копії результатів оцінки.

Функціонування ПАК здійснюється під управлінням мобільного додатку, що використовує попередньо навчену машинну модель. Для навчання, тренування та перевірки моделі використано біля 200 знімків (термограм), класифікованих за 3 групами ТУ. Тестування моделі показало 100% співпадіння з тестовою групою зображень. Але, такий результат свідчить лише про правильне навчання та тренування отриманої моделі. В реальних умовах на зовнішній вигляд отриманих термограм впливають збурюючі фактори, до яких можна віднести, наприклад, яскравість та спектр освітлення, масштаб зображення та ін. Тому важливою задачею є оцінка невизначеності результату діагностики ступеню ТУ.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В основі роботи мобільного додатку лежить використання алгоритму кластеризації за методом k-середніх. Відомі алгоритми кластерного аналізу дозволяють з наданої сукупності об'єктів виділити однорідні за певною формальною ознакою (критерієм подібності). Наступна обробка отриманих результатів дозволяє вирішувати різні задачі, в тому числі і задачу аналізу зображень. Але, на жаль, знання алгоритмів кластеризації не розкриває кількісних показників процедур, які відбуваються в навченій машинній моделі в процесі аналізу зображення та не дає можливості оцінити невизначеність результату.

В роботі [6] зазначено, що при використанні шкал квазіпорядку за умови невеликої кількості класів еквівалентності при формуванні результату охоплюються сусідні класи. Кінцевим результатом при цьому буде обрано той клас еквівалентності, вірогідність віднесення якого більша. Міра розсіювання d^2 при цьому буде виражена залежністю

$$d^2 = P_n(1 - P_n), \quad (1)$$

де P_n - вірогідність правильного віднесення результату до відповідного класу еквівалентності, а характеристикою невизначеності в цьому випадку виступає значення $(1 - P_n)$.

Такий підхід дозволяє за допомогою арифметизації і виконання відповідних синтаксичних та семантичних операцій отримати шкалу з нечіткою лінгвістичною змінною та використовувати її для оцінки невизначеності.

За основу для оцінювання невизначеності результату діагностики ступеню ТУ авторами взято саме цей підхід.

Як зазначалося, загальноприйнята шкала оцінювання ТУ у вербальному вигляді представлена трьома класами еквівалентності: I, II та III ступені уражень. При використанні тепловізійного методу в якості інформативного параметра виступає зміна поверхневої температури шкіряного покриву. Найбільша різницева температура здорової та ураженої ділянок при цьому лежить в межах $2,5 \dots 3^\circ$ [3], ця величина і визначає в даному випадку діапазон вимірювань. Оскільки за допомогою ПАК здійснюється візуалізація досліджуваної ділянки, для зазначеного діапазону температур існує відповідний спектр колірної палітри, частини якого відповідають трьом класам еквівалентності. Графічно така гібридна цифрова шкала представлена на рис. 2а, на рис. 2б для прикладу наведено термограму ТУ.

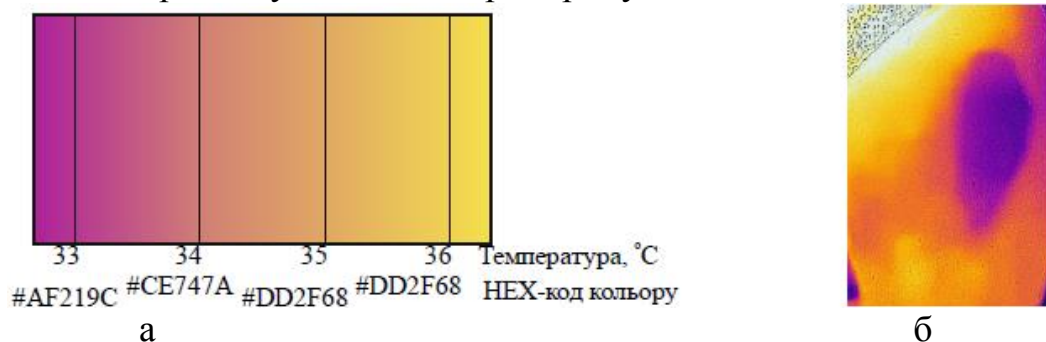


Рисунок 2. Гібридна температурно-кольорова шкала (а) та приклад термограми ураження (б).

Наявність числової шкали забезпечує можливість оцінки невизначеності результату діагностики кожної термограми. Для цього виконують наступні процедури. В кожному з класів еквівалентності наведеної на рис. 2а шкали обирають декілька (наприклад, 5) рівномірно розташованих значень температури, та відповідних їм кодів кольорів. Після цього будують гістограму розподілу площ відповідних ділянок колірної палітри. Для термограми, наведеної на рис. 2б, гістограма має вигляд, показаний на рис. 3.

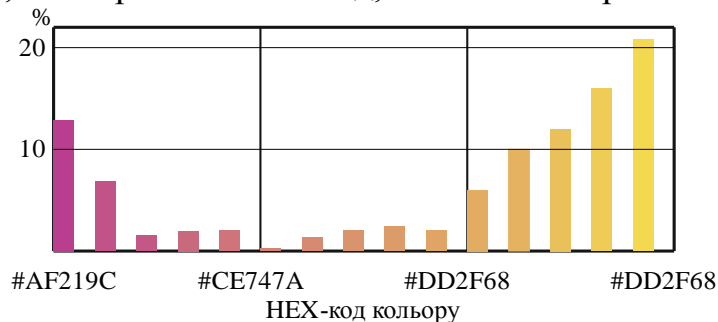


Рисунок 3. Гістограма розподілу колірної палітри.

Наступним кроком є перехід до шкали квазіпорядку, яка характеризує ступінь опікового ураження з урахуванням різниці температур по кожній складовій гістограми колірної палітри, як показано на рис. 4.

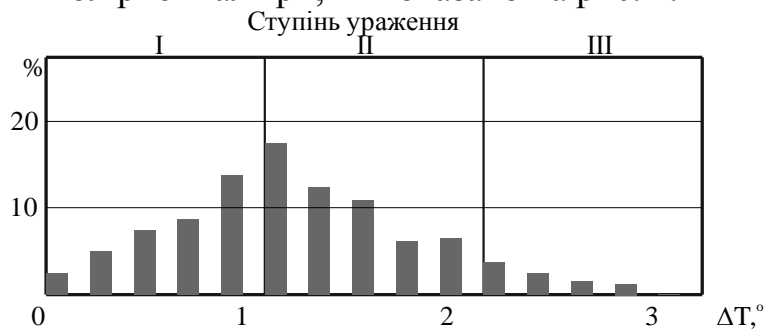


Рисунок 4. Гістограма розподілу вірогідності ступеня ТУ за різницею температур.

На рис. 4 по горизонтальній вісі розташовані позначки різниці температур на термограмі, по вертикальній - відкладено вірогідність ТУ для певних точок шкали. Для розглянутого прикладу діагностується початковий випадок ТУ II ступеню, але невизначеність становить близько 30%.

ВИСНОВКИ

Основним результатом даної роботи є розробка підходу до оцінки невизначеності діагностики ступеню ТУ за зображенням термограм. Знання невизначеності результату є важливим показником для прийняття рішення стосовно первинної діагностики ТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Комбустіологія : Підруч. / Е. Я. Фісталь, Г. П. Козинець, Г. Є. Самойленко, В. М. Носенко, Н. М. Фісталь; Центр. метод. каб. з вищ. мед. освіти, Донец. держ. мед. ун-т ім. М.Горького. Каф. комбустіології та пласт. хірургії ФПО. - К. : Інтерлінк, 2004. - 184 с.
- [2] Загиров, М.Х. Сравнительная характеристика частоты диагностических ошибок при определении площади и глубины термических поражений / М.Х. Загиров, В.А. Соколов // Актуальные проблемы термической травмы: Материалы международной конференции, посвященной 60-летию ожогового центра НИИ скорой медицинской помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, 20 – 22 июня 2006 г.- СПб., 2006. – С. 54.
- [3] Ачкасов Е.Е., Воловик М.Г., Долгов И.М., Колесов С.Н. Медицинское тепловидение. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2019. 218 с.
- [4] Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. Изд. 2-е. — К.: Техніка, 1977. — 768 с.
- [5] Ніколаєва К. Д., Штефура Ю.В. Інформаційно-вимірjuвальна система оцінки характеристик опіків на базі технологій штучного інтелекту /Матеріали ХІХ міжнародної науково-технічної конференції «Вимірjuвальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах». Одеса, 14-17 червня, 2019, с. 45-46.
- [6] Яремчук Н.А., Годя О.Ю. Оценивание неопределенности ординального измерения. Системы обработки информации, 2016, выпуск 6. С. 194-196.